Über Mikroorganismen in der Wiener Hochquellenwasserleitung

Von

Adolf Schwenk

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien,
Nr. 149 der zweiten Folge

(Vorgelegt in der Sitzung am 27. Mai 1921)

Einleitung.

Für die Untersuchung des Trink- und Nutzwassers kommen hauptsächlich zwei Untersuchungsmethoden in Betracht: die chemische und die biologische.[1]

Die ältere von beiden, die chemische Wasseranalyse, vermag zu entscheiden, ob eine durch gesundheitsschädliche Stoffe (z. B. Bleiverbindungen) bedingte Gefahr vorhanden ist, ob weiters ein Wasser infolge seines Gehaltes an gewissen Salzen (z. B. $MgCl_2$) ungenießbar oder technisch unverwendbar ist. Hingegen sind Schlüsse vom Vorhandensein von Ammoniak und salpetriger Säure und von einem vermehrten Gehalte an Chlor und Schwefelsäure auf eine hygienisch nicht einwandfreie Beschaffenheit des Wassers nur bedingt richtig, so daß man aus der chemischen Analyse allein auf eine Verseuchung oder Verseuchbarkeit eines Wassers nicht schließen kann.[2]

Die jüngere biologische Methode im engeren Sinne oder die bakteriologische, auf die man gleich anfangs große Hoffnungen setzte, hat diese zu großem Teile gerechtfertigt und bildet auch gegenwärtig einen wichtigen Faktor bei der Beurteilung eines Wassers. Sie lehrte erkennen, wo die Gefahr verseuchten

---

[1] Mez C., Mikroskopische Wasseranalyse, Berlin 1898. — Gärtner A., Die Hygiene des Wassers, Braunschweig 1915. — Kruse W., Die hygienische Untersuchung und Beurteilung des Trinkwassers in Weyls Handbuch der Hygiene, Leipzig 1919.

[2] Kruse W., l. c., p. 224 f.

Wassers liegt, sie erfand Methoden zur Erkennung der Infektion und zur Kontrolle der Wirksamkeit aller Maßnahmen. Doch haften auch ihr noch manche Mängel an; stößt doch die Auffindung und Diagnose von Krankheitserregern vielfach auf sehr große Schwierigkeiten — abgesehen von der beträchtlichen Unsicherheit des Schlusses von der beobachteten auf die wirklich vorhandene Bakterienzahl.

In den letzten Jahren beginnt sich eine neue Methode Bahn zu brechen, nämlich die der biologischen Untersuchung im weiteren Sinne. Sie zieht die gesamten in einem Wasser vorhandenen Lebewesen in Betracht und geht von der Tatsache aus, daß gewisse Pflanzen und Tiere in stark verunreinigten Gewässern, andere hingegen nur in reinem Wasser auftreten. Letztere werden als Katharobien, erstere als Saprobien (Poly-, Meso- und Oligosaprobien) bezeichnet. Das geringe Alter dieser Methode bringt es mit sich, daß ihr vorderhand noch mehr Mängel anhaften als ihren beiden älteren Schwestern. So ist z. B. das Wachstum und Gedeihen der in Betracht kommenden Arten vielfach von Verhältnissen abhängig, die uns meist nur recht unvollkommen bekannt sind. Von zwei nahe verwandten Arten kann ferner die eine polysaprob, die andere sogar katharob sein! Diese Methode wird also erst dann zur vollen Geltung gelangen, wenn die Artabgrenzung der betreffenden niederen Organismen weniger schwierig und ihre speziellen Lebensbedingungen besser bekannt sein werden, als es heute noch der Fall ist.

Immerhin wäre sie schon jetzt imstande, die chemische und bakteriologische Methode in willkommener Weise zu ergänzen. Es ist denn auch bereits eine Reihe von Arbeiten erschienen, die sich mit der Mikroflora und -fauna von Leitungen, Wasserwerken[1] und Wasserfiltern befassen. Ich verweise diesbezüglich auf Ruttner's prächtige Arbeit über die Mikroflora der Prager Wasserleitung[2] und das darin enthaltene Literaturverzeichnis.

Das Wasser von Quellenleitungen wird in der Regel nur auf seinen Bakteriengehalt geprüft —. begreiflicherweise, da es sich dabei meist um sehr reines Wasser handelt.

So auch das der Wiener Hochquellenleitung. Es wird wohl seit einer Reihe von Jahren fortlaufend zwei- bis dreimal wöchentlich durch die Untersuchungsstelle des Gesundheitsamtes der Gemeinde Wien am hygienischen Institut der Universität untersucht, doch beschränkt sich diese Prüfung auf die Ermittlung der Keimzahl, des Kolititers und des Prozentsatzes der verflüssigenden Keime. Von ihren Ergebnissen wird im Zusammenhange mit jenen der vorliegenden Arbeit noch zu sprechen sein.

---

[1] De Vries H., Die Pflanzen und Tiere in den dunklen Räumen der Rotterdamer Wasserleitung. Jena 1890.

[2] Ruttner F., Die Mikroflora der Prager Wasserleitung, Archiv der naturwissensch. Landesdurchf. von Böhmen (XIII. Band, Nr. 4).

Eine qualitative Untersuchung auf Bakterien oder sonstige Organismen wurde bisher nicht vorgenommen. Und doch wäre eine solche wünschenswert!

So wäre es z. B. von Interesse zu erfahren, ob in dem so reinen Wiener Leitungswasser außer Bakterien noch andere Lebewesen überhaupt existieren können, und wenn dies der Fall wäre, ob es sich dabei etwa um typische Reinwasser- oder Gebirgsformen handelt, die aus dem Ursprungsgebiet, dem Schneeberg und Hochschwab, stammen, oder um eine besondere lokale Lebensgemeinschaft des Leitungssystems.

Und ließen sich endlich irgendwelche Formen feststellen, so wäre damit eine bequeme Quelle für Objekte zu biologischem Studium und für Anschauungsmaterial in Schulen gefunden.

Aus allen diesen Gründen habe ich es auf Anregung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Hofrates Professor Dr. Hans Molisch, unternommen, die Mikroorganismen des Wiener Hochquellenwassers zu studieren. Eine Untersuchung seiner Bakterien im allgemeinen lag hiebei nicht im Plane der Arbeit, sondern es fanden bloß Eisenbakterien und Purpurbakterien einige Berücksichtigung.

Methode.

I. Filtration.

Zur Gewinnung der Organismen aus dem Leitungswasser standen zunächst jene zahlreichen Methoden zur Verfügung, deren sich die Planktonforscher zu gleichem Zwecke bedienen. Sie alle versagen jedoch angesichts der Aufgabe, sehr reines Wasser auf seinen Organismengehalt zu untersuchen.

Selbst die feinmaschigsten Planktonnetze (Müllergaze Nr. 20) lassen kleinere Organismen durch.

Sorgfältig genähte Beutel aus weißgegerbtem Ziegen- oder Schafleder, wie sie Ruttner bei seiner Arbeit verwendete,[1] haben den Nachteil, daß die filtrierende Fläche im Verhältnis zur Zahl der Mikroorganismen viel zu groß ist.

Endlich war auch die Verwendung der von Lohmann empfohlenen gehärteten Papierfilter[2] und namentlich der Zentrifuge[3] in unserem Falle nicht gut möglich, da in Anbetracht der

---

[1] l. c., p. 4.

[2] Lohmann H., Neuere Untersuchungen über den Gehalt des Meeres an Plankton und über die Brauchbarkeit der verschiedenen Fangmethoden, Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen, VII., Kiel 1903.

[3] Derselbe, Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton, ebenda, X., 1908.

Reinheit unseres Leitungswassers zu große Wassermassen hätten filtriert, beziehungsweise zentrifugiert werden müssen.

Hingegen wurden alle drei Hauptforderungen: Filtration hinreichend großer Wassermengen bei genügender Dichte des Filters und möglichst geringer Ausdehnung der filtrierenden Fläche, gleichmäßig erfüllt, wenn man Läppchen von Rehleder (Sämischleder, Waschleder) mit einem Bindfaden direkt an den Leitungshahn anband.

Nach sieben- bis achtstündigem Filtrieren bei mäßig aufgedrehtem Hahne zeigte sich an dem Leder ein deutlicher kaffee- bis schokoladefarbener Rückstand. Die filtrierende Fläche wurde nunmehr ausgeschnitten, in einem Probierglase mit wenig Wasser ausgeschüttelt, sodann die Aufschwemmung zentrifugiert und der so erhaltene, nunmehr durch Lederfasern hellbraun gefärbte Niederschlag (etwa $^1/_2$ *cm*^{3}) mikroskopisch untersucht.

Die in der angegebenen Zeit den Filter passierende Wassermenge berechnete ich annähernd auf 400 Liter.

Im ganzen wurden nach dieser Methode in der Zeit vom Jänner 1913 bis Juni 1914 27 Filtrate untersucht, also in einem Monat (die Hochschulferien ausgenommen) durchschnittlich drei.

Alle Proben wurden einem und demselben Leitungshahne im Pflanzenphysiologischen Institute der Universität in Wien entnommen. Das Wasser gelangt dorthin meistenteils aus dem Schmelzer Reservoir, welches wiederum aus dem Reservoir Rosenhügel gespeist wird und daher gemischtes Wasser der Ersten und Zweiten Kaiser Franz Josef-Hochquellenleitung abgibt.[1]

Unsere oben geschilderte Methode hat zweifellos auch ihre Mängel. Durch Filtrieren überhaupt können gewisse sehr zarte Organismen, hauptsächlich Flagellaten, arg in Mitleidenschaft gezogen werden, so daß sie bis auf undeutbare Reste verschwinden.[2]

Etwas störend wirkten ferner bei der mikroskopischen Untersuchung die zahlreichen Lederfasern, die sich beim Ausschütteln des Lederfilters vom Schnittrande lösen und eine sehr sorgfältige Durchmusterung der Präparate erfordern.

---

[1] Über Entstehung, Anlage und Verlauf der I. und II. Kaiser Franz Josef-Hochquellenleitung orientieren folgende Werke:

Stadler R., Die Wasserversorgung der Stadt Wien in ihrer Vergangenheit und Gegenwart, Wien 1873; Riedel J., Die Wasserversorgung Wiens, Wien 1904; Die zweite Kaiser Franz Josef-Hochquellenleitung der Stadt Wien, Eine Gedenkschrift zum 2. Dezember 1910, Wien 1910.

[2] So kam es denn auch, daß bei der Durchforschung der Lunzer Seen durch die dortige biologische Station seit der Einführung der Zentrifuge eine Reihe von Formen gefunden wurde, die bis dahin bei Anwendung von Filtration nicht oder nur in geringer Menge beobachtet worden waren. (Ruttner F., Über die Anwendung von Filtration und Zentrifugierung bei den planktologischen Arbeiten an den Lunzer Seen, Internationale Revue der ges. Hydrobiol. und Hydrogr., Bd. II, Leipzig 1909.

Dank dem Entgegenkommen der städtischen Behörden war ich im Juni 1914 auch in der glücklichen Lage, ein Reservoir zur Zeit der jährlich einmal stattfindenden Reinigung, zu deren Durchführung das Wasser abgelassen wird, besichtigen zu können. Und zwar war dies das Schmelzer Reservoir, welchem ja, wie bereits erwähnt, die untersuchten Wasserproben entstammten.

Der weite, kühle Raum der eigentlichen Wasserkammer, in den durch kreisrunde Licht- und Luftschächte des Deckengewölbes ein schwaches Dämmerlicht einfällt, zeigte an der Wassersohle einen etwa 1 *cm* hohen, braunen, feinschlammigen Belag, dem ich einige Proben entnahm.

II. Kulturversuche.

1. Bei seiner Untersuchung der Flora der Budapester Wasserleitung bediente sich Istvanfii[1] großer, sterilisierter Glasgefäße, die mit dem zu untersuchenden Wasser gefüllt und durch längere Zeit im Lichte stehen gelassen wurden. Die an Wand und Boden sich entwickelnde Flora wurde untersucht.

Ruttner[2] wies auf die Mängel dieses Verfahrens hin, die darin gelegen sind, daß wohl nur ein kleiner Teil der in Frage kommenden Mikroorganismen unter den willkürlichen Bedingungen am Leben bleibt oder gar sich vermehrt.

Immerhin könnte diese Methode in etwas modifizierter Weise doch bei dem einen oder anderen Organismus, der bei der direkten Untersuchung etwa ganz vereinzelt aufgefunden wird, zu einer Anreicherung führen, die seine sonst oft schwierige oder unmögiche Artbestimmung wesentlich erleichtert.

Deshalb wurden zunächst für etwa vorhandene Algen drei Kolonnen von Nährlösungen aufgestellt.

1. Kolonne (Februar 1913): Je drei sterile Erlenmayerkölbchen wurden mit 200 cm^3 einer Lösung von KNO_3, beziehungsweise KH_2PO_4, K_2HPO_4, $Ca_3(PO_4)_2$, KCl, NaCl, $MgSO_4$, Knop's Nährlösung (sauer und basisch) und Leitungswasser + KNO_3 + + KH_2PO_4 angefüllt. Die Konzentration betrug $0 \cdot 02\%$.

2. Kolonne (Mai 1913): Wiederholung der ersten.

3. Kolonne (März 1914): Eine Reihe von je drei gleichen Kölbchen wurde mit je 200 cm^3 einer $0 \cdot 02\%$ Knop'schen Nährlösung (basisch und sauer), beziehungsweise mit Leitungswasser + KH_2PO_4 + KNO_3, eine zweite Reihe mit den gleichen Nährlösungen gefüllt, doch betrug die Konzentration $0 \cdot 2\%$.

---

[1] v. Istvanffi G., Die Vegetation der Budapester Wasserleitung, Bot. Zentralblatt, LXI., 1895.

[2] l. c., p. 2.

Das eine Kölbchen jeder dieser Nährlösungen impfte ich mit 1 cm^3, das zweite mit 10 cm^3 Leitungswasser, das dritte endlich mit dem auf dieselbe Weise wie zur direkten mikroskopischen Untersuchung gewonnenen Filterrückstand. Lösungen und Gefäße wurden in üblicher Weise sterilisiert.

2. Die mikroskopische Untersuchung des Filterrückstandes hatte es wahrscheinlich gemacht, daß im Leitungswasser die weitverbreitete Ockerbakterie *Chlamydothrix (Leptothrix) ochracea* vorkomme, es war daher der Gedanke naheliegend, die von Molisch[1] gegebene Methode der Kultur dieser interessanten Eisenbakterie zur Stütze des mikroskopischen Befundes heranzuziehen.

Es wurden also in einem ersten Versuche (Dezember 1913) zwei Litergefäße mit in frischem Leitungswasser gelöstem Manganpepton (0·25 $^0/_0$) gefüllt, ferner je zwei gleiche Gefäße, enthaltend Manganpepton (0·25 $^0/_0$) + Torfwasser (Absud eines faustgroßen Torfziegels) mit 1 cm^3, beziehungsweise 10 cm^3 Leitungswasser, beziehungsweise mit Filterrückstand geimpft.

Im Februar 1914 wurde dieser Rohversuch in Erlenmayer-Kölbchen unter Anwendung aller bakteriologischen Vorsichtsmaßregeln wiederholt.

Ein drittesmal endlich (März 1914) füllte ich vier sterile Kölbchen (200 cm^3) mit frischem Leitungswasser und setzte sterile Manganpeptonlösung zu, während vier weitere Kölbchen, enthaltend je 200 cm^3 steriler Manganpeptonlösung (0·25 $^0/_0$), mit Filterrückstand geimpft wurden.

3. Zum Nachweise etwa vorhandener Keime von Purpurbakterien bediente ich mich des gleichfalls von Molisch[2] gefundenen, sehr einfachen Kulturverfahrens. Von zwei etwa einen Meter langen, vier Zentimeter dicken Glasröhren wurde die eine mit etlichen Weinbergschnecken, die andere mit einigen Regenwürmern beschickt, beide sodann sterilisiert, mit Hochquellenwasser angefüllt und darüber 1 *cm* hoch steriles Rizinusöl aufgeschichtet. (Dezember 1913).

Bei einem späteren Kontrollversuche (Juli 1920) war der Vorgang der gleiche, nur wurden als organische Substanz Teichmuscheln (*Anodonta* sp.) verwendet.

---

1 Molisch H., Die Eisenbakterien, Jena 1910, p. 32 f.

2 Molisch H., Die Purpurbakterien nach neuen Untersuchungen, Jena 1907, p. 4 f.

Die Organismen des Leitungswesens.

I. Resultat der mikroskopischen Untersuchung des Filterrückstandes.

1. Pflanzliche Organismen.

Eisenbakterien: Wohl in jedem Präparate war eine Fadenbakterie zu finden, deren meist recht kurze und unverzweigte Fäden häufig farblos, aber auch heller bis dünkler gelb, selbst dunkel rostbraun gefärbt waren, einzeln oder in kleinen Räschen auf Rostbröckchen saßen und eine deutliche Scheide mit zylindrischen Zellen aufwiesen. Bei genügender Länge der Fäden ließ sich ein Gegensatz zwischen Basis und Spitze feststellen. Bisweilen saßen auf dickeren, gelb gefärbten Scheiden kleine, farblose Fäden rechtwinkelig auf. Alle Merkmale dieser Fadenbakterie wiesen auf *Chlamydothrix ochracea* hin, nur sind in unserem Falle die Fäden meist recht kurz, offenbar Kümmerformen, denen die Reinheit unseres Leitungswassers nicht recht zusagt.

Wenngleich dieser Organismus, wie erwähnt, in fast jedem Präparate zu finden war, so trat er doch nur sehr spärlich auf.

Eine andere Eisenbakterie, den berüchtigten Brunnenfaden *(Crenothrix polyspora)*, der durch üppiges Wuchern und dadurch bedingte Verstopfung der Wasserleitungsröhren schon in so manchen Städten arge Kalamitäten hervorgerufen hat, konnte ich nur ein einziges Mal beobachten. Es handelte sich um einen offenbar nur zufällig in das Leitungssystem hineingeratenen längeren und dickeren Faden mit den für diese Bakterie charakteristischen Mikrogonidien im oberen Teile.

Gleichfalls nur ein einziges Mal begegnete ich einer dritten Eisenbakterie, der zuerst von Schorler in einem Dresdener Wasserwerke entdeckten und später auch von Molisch und Ruttner in der Prager Wasserleitung gefundenen *Clonothrix fusca*. Ich fand sie in einer Leitungswasserprobe aus Hietzing vor, welche ich einem Freunde verdankte, dem damals eine vorübergehende Braunfärbung des Leitungswassers aufgefallen war. Die Dicke der Zellen, die Inkrustation der Scheiden mit Eisenoxydhydrat, die regelmäßige Scheinverzweigung, kurz alle Merkmale stimmten vollkommen mit der von Schorler[1] gegebenen Beschreibung überein.

Möglicherweise sind gewisse farblose, spärlich verzweigte, dickere Fäden, die ich — sehr selten — zwischen den oben erwähnten *Chlamydothrix*-Räschen beobachtete, nichts anderes als

---

[1] Schorler B., Beiträge zur Kenntnis der Eisenbakterien, Zentralbl. f. Bakt.- u. Parasitk., II. Abt., XII, 1904.

junge *Clonothrix*-Fäden. Sicheres läßt sich darüber schwer aussagen, da ja Scheinverzweigungen auch bei *Chlamydothrix ochracea*, wenn auch nur selten, auftreten und weiters junge, daher kurze, noch nicht verzweigte *Clonothrix*-Fäden von solchen der *Chlamydothrix* wohl kaum zu unterscheiden sind.

Endlich fand ich in vier aufeinanderfolgenden Proben vereinzelt kurze (vier- bis fünfzellige), schwarzbraune, einfache Fädchen von *Gallionella ferruginea*.

In den Proben des Schmelzer Behälters hingegen war diese Art viel häufiger vertreten, und zwar sowohl in kurzen als auch in längeren Fäden, bald schmäler, bald dicker, bald lichter, dann wieder fast schwarzbraun gefärbt, einfach und in Zopfform. Daneben war auch hier *Chlamydothrix ochracea* zu beobachten, deren Fäden aber meist kräftiger und länger, auch stärker inkrustiert waren als die aus dem Leitungswasser filtrierten. *Clonothrix* und *Crenothrix* fehlten hier ganz.

Algen fanden sich zwar ebenfalls fast in jeder Probe (in 23 von insgesamt 27), stets aber sehr vereinzelt und meist bereits abgestorben, was ihre Bestimmung vielfach erschwerte oder gar unmöglich machte.

Aus später zu erörternden Gründen war eine fortlaufende Zählung der Organismen zwecklos und unterblieb daher. Folgende rohe Schätzung vermag aber immerhin vielleicht einen Begriff davon zu geben, wie gering die Zahl der unter den wenigen Organismen relativ noch am häufigsten auftretenden *Diatomeen* war.

Durchschnittlich wurden bei einer Filtration 400 *l* Wasser filtriert. In einem speziellen Falle wurden in Präparaten von 0·1 cm^3 des in 1 cm^3 suspendierten Filterrückstandes zwei bis vier Diatomeen gezählt, woraus sich für 400 *l* 20 bis 40 Individuen ergeben. Gewiß eine sehr geringe Zahl! Sie dürfte — soweit sich dies nach dem Augenschein, ohne exakte Messung, beurteilen läßt — keiner nennenswerten Schwankung unterliegen.

Im folgenden seien die wenigen Arten angeführt:

Cymatopleura Solea (Panzer und lebend),
Pinnularia sp. » » »
Nitzschia linearis » » »
Ceratoneis Arcus (Panzer),
Navicula sp. (Panzer und lebend),
Meridion circulare (Panzer),
Synedra Ulna (Panzer und lebend),
Nitzschia sigmoidea (Panzer),
Cocconeis sp. »
Diatoma vulgare »
Eunotia sp. »

Die beiden ersten Arten begegneten mir am »häufigsten«, nämlich in fünf (von insgesamt 27) Proben, die letzteren vier nur je ein einziges Mal.

Die Proben aus dem Schmelzer Behälter enthielten nur sehr vereinzelt *Synedra Ulna* und *Nitzschia linearis.*

An Desmidiaceen beobachtete ich fünf Arten in je einem einzigen Exemplar. Die charakteristischen Schalen von *Tetmemorus laevis* waren nicht zu verkennen, die übrigen Formen kann ich jedoch nicht als einwandfrei identifiziert hinstellen, da sie, wie erwähnt, nur in einem Exemplar vorlagen und Chromatophoren sowie Pyrenoide zerstört waren. Form und Skulptur der Schalen wiesen auf *Cosmarium angustatum* und *reniforme*, *Closterium Cynthia* und *Pleurotaeniopsis incisa* hin.

Die Chlorophyceen waren in fünf Proben durch einzeln auftretende, kurze Fadenfragmente einer *Ulothrix* und durch ein sechzehnzelliges Zönobium des niedlichen *Coelastrum microporum* vertreten.

Armzellige Bruchstücke einer *Oscillaria*-Art waren die einzigen Vertreter von Blaualgen.

Im übrigen beobachtete ich in den Filtraten wie in den Reservoirproben nur Reste von höheren Pflanzen, wie sie sich gewöhnlich auch im Aeroplankton finden, z. B. Moosrhizoide, Pilzhyphen und -sporen, Holzzellen, Gefäßreste, Stärkekörner, ein Trachelomonasgehäuse und endlich relativ häufig (in neun Proben), selbst im Winter, Koniferenpollen.

2. Tierische Organismen.

Ist schon die Flora unserer Leitung an Art- wie an Individuenzahl sehr arm, so gilt dies in noch viel höherem Grade von ihrer Fauna. Sie beschränkt sich auf zwei Gruppen.

In etwa zwei Drittel aller Proben stellte ich Gehäuse monothalamer Rhizopoden fest, die wieder nur vereinzelt auftraten und meist leer waren, nur selten noch spärliche Plasmareste aufwiesen.

Relativ noch am häufigsten waren es die zierlichen, gefelderten Gehäuse von *Euglypha alveolata*, seltener die bestachelten der *Centropyxis aculeata* und einer zarten *Arcella*. — Im Schmelzer Behälter fand sich daneben noch das unsymmetrische Skelett einer Art, die ich für *Cyphoderia margaritacea* halte.

Soviel Mühe und Geduld es bei allen bisher genannten Organismen wegen ihrer Kleinheit und ihres vereinzelten Auftretens erforderte, sie in dem dichten Filzwerk der Lederfasern des Filterrückstandes ausfindig zu machen, so leicht wurde dies bei dem Vertreter der zweiten Tierfamilie, der sich bald durch ungebärdiges Zappeln und Umherschlagen bemerkbar machte. Es war dies ein *Nematode* von einer Länge bis über 300 μ, der sich in der Hälfte aller Filterproben und auch im Behälter vorfand, lebend wie tot

und höchstens ihrer zwei bis drei in einem Präparat, also schätzungsweise 20 bis 30 Individuen in 400 Litern. Leider gelang es mir nicht, ihn auch nur annähernd zu bestimmen. Handelt es sich doch bei Süßwassernematoden um ein schwieriges, noch wenig bearbeitetes Kapitel.

Im übrigen beobachtete ich nur ab und zu Überreste von Rotatorien und Insektenlarven, Anhänge von Kopepoden und Daphniden, sowie Schmetterlingsschuppen.

II. Die Organismen der Kulturen.

1. Chlamydothrix ochracea.

Nur in einem einzigen Gefäße (Manganpepton in Leitungswasser) von insgesamt sechs Kulturen des Rohversuches (p. 6) entwickelten sich nach zehn Tagen am Wasserspiegel die gelben Räschen dieser Fadenbakterie.

In der zweiten Versuchsreihe waren es auch nur zwei Gefäße des gleichen Inhalts, in denen ich durch die Deckglasmethode,[1] d. h. nach Berührung des Wasserspiegels mit einem Deckglase, zahlreiche *Chlamydothrix*-Fäden feststellen konnte. Nach weiteren drei Wochen bildeten sich bereits üppige, schwarzbraune Räschen.

In sämtlichen übrigen Kulturen der zweiten und in jenen der dritten Kolonne jedoch fand nirgends eine Entwicklung der Ockerbakterie statt!

Es erschien befremdlich, daß dieser Organismus in so wenigen ($12 \cdot 5^0/_0$) und gerade nur in solchen Kulturen aufging, in denen das Manganpepton direkt frischem Leitungswasser zugesetzt worden war, während in allen Gefäßen, deren Nährlösung mit dem Rückstande einer $7^1/_2$stündigen Filtration geimpft wurde, wo also die Keime viel dichter und zahlreicher vorhanden sein mußten, keine Spur von einer Entwicklung zu beobachten war. Dabei konnte ich doch nicht nur in jeder Probe, sondern auch fast in jedem mikroskopischen Präparate des Filterrückstandes die Fäden dieser Bakterie finden!

Winogradsky[2] verschaffte sich Rohkulturen von *Chlamydothrix ochracea*, indem er in 50 *cm* hohe Standgläser eine Handvoll mazeriertes und in viel Wasser abgekochtes Heu tat, darauf etwas frisch gefälltes Eisenoxydhydrat schüttete und das Glas mit Brunnenwasser auffüllte.

Bei Anwendung dieser Methode erhielt ich tatsächlich 5 *mm* dicke, braunschwarze Kahmhäute vorwiegend von *Chlamydothrix ochracea*.

---

[1] Molisch H., l. c., p. 14.

[2] Winogradsky S., Über Eisenbakterien, Botan. Zeitung, 1888, p. 263.

Nun hatte Molisch bei seinen Kulturversuchen mit Manganpepton, die ihm in Prag stets glückten, in Wien anfänglich mit Mißerfolgen zu kämpfen.[1] Schließlich kam der genannte Forscher darauf, daß die Ursache wahrscheinlich in der wechselnden Zusammensetzung des käuflichen Manganpeptons liegt. Angesichts des Nachweises der *Chlamydothrix* in den Filterproben und des Erfolges mit Winogradsky's Rohkulturmethode bin ich geneigt, für den Mißerfolg bei einem Teil meiner Manganpeptonkulturen die gleiche Ursache geltend zu machen.

2. Purpurbakterien.

Die beiden Röhren des ersten Versuches zeigten, da sie im Winter zur Aufstellung gelangten und Purpurbakterien zu üppigerem Wachstum bekanntlich kräftiger Lichtintensität bedürfen, erst nach drei Monaten eine lichte Färbung ihres Inhalts, die sich allmählich in der einen (Nährsubstanz Regenwürmer) zu tiefem Blutrot, in der anderen (Schnecken) zu schönem Violett steigerte.

Schneller schritt die Entwicklung in den Röhren des zweiten Versuches vor, die ja auch im Sommer geimpft worden waren. Ihr Inhalt leuchtete bereits nach einem Monat dunkel blutrot.

Alle vier enthielten ein Purpurbakteriengemisch, und zwar Arten der Gattungen *Rhodococcus*, *Rhodobacillus* und *Rhodospirillum*, die beiden ersterwähnten überdies noch Formen mit Schwefelkügelchen in ihrem Zellinhalt und mit Schleimhüllen, wie sich bei Anwendung von Tusche ergab, also *Thiorhodaceae*.[2]

3. Algen.

Die ohnehin nur geringe Hoffnung, den direkten Untersuchungsbefund indirekt durch Algenkulturen zu ergänzen, und die darauf verwendete Zeit und Mühe wurden wenig belohnt. Wohl fand in rund 34% der 78 Kölbchen, und zwar in 20% der ersten, in 43% der zweiten und in 38% der dritten Kolonne eine Entwicklung statt.[3] Und diese hätte sich ja auf noch mehr Kulturen erstreckt, wenn nicht einige der Nährlösungen (z. B. KCl, NaCl, $MgSO_4$) wenig aussichtsreich gewesen und nur aus ernährungsphysiologischem Interesse gewählt worden wären.

Aber mit den meisten dieser Algen — es waren durchwegs Einzeller der niedrigststehenden Gruppen — machte ich dieselben

---

[1] Molisch H., l. c., p. 38.

[2] Molisch H., l. c., p. 27 f.

[3] Die verschieden reichliche Entwicklung in den drei Serien erklärt sich zwanglos aus der verschiedenen Aufstellungszeit (1. Serie Februar, 2. Serie Mai, 3. Serie März), die ja sowohl auf die im Leitungswasser vorhandene Keimzahl als auch auf die Entwicklung in den Kulturen von Einfluß sein mußte. Überdies wurde bei der dritten Serie eine Reihe von nicht oder minder bewährten Nährlösungen fortgelassen.

Erfahrungen wie Istvanffii[1] mit seinen Kulturen bei der Untersuchung der Budapester Leitungsflora: sie zeigten ein kränkliches Aussehen, waren vielfach blaß oder ganz farblos, wohl infolge von Teilungshemmung der Chromatophoren, wie sie bei Algenkulturen häufig zu beobachten ist; ernährungsphysiologische Varianten oder pathologische Formen. Zu allem Überfluß handelte es sich, wie erwähnt, ausschließlich um Vertreter von primitiven Gruppen *(Tetrasporaceae, Protococcaceae, Scenedesmaceae),* deren Artabgrenzung noch sehr unsicher ist und, soll sie einwandfrei geschehen, langwierige Reinkulturen erfordert.

Es waren in der Mehrzahl kugelige, chlorellaähnliche Formen und ovale Zellen vom Habitus der *Coccomyxa.* Im übrigen erkannte ich *Stichococcus bacillaris, Scenedesmus quadricauda, Dictyosphaerium pulchellum* und *Gloeocystis* sp.

Auch eine Diatomee, und zwar eine winzige *Fragilaria,* entwickelte sich in einem der Kölbchen, in einem anderen ein üppiges Moosstämmchen, das aber nicht bis zur Fruktifikation gedieh.

Der Umstand, daß in rund 34% der Kulturen eine Entwicklung stattfand und in vier Fällen, also 5%, sogar nach Impfung mit 1 cm^3 Leitungswasser, läßt den Schluß zu, daß relativ nicht wenig Algenkeime im Leitungswasser vorhanden sind. Daß ich solchen bei der direkten mikroskopischen Untersuchung nur so selten begegnete, erklärt sich aus ihrer Kleinheit im Vereine mit der durch die Lederfasern bedingten Erschwerung der Durchmusterung.

Die Frage der Periodizität.

Eine Schwankung im Auftreten der Organismen der Individuen- und Artzahl nach zu verschiedenen Jahreszeiten, eine Periodizität, konnte nur insofern beobachtet werden, als die Algen, wie zu erwarten war, in der günstigen Jahreszeit mehr in den Vordergrund traten. Es wäre aber denkbar, daß diese Periodizität durch eine exakte quantitative Methode deutlicher zum Ausdruck käme.

Eine solche quantitative Untersuchung begegnet aber in unserem Falle großen Schwierigkeiten. Es wäre dazu vor allem eine Messung der jeweils filtrierten Wassermenge nötig. Nun fließt aber das Wasser zu Beginn der Filtration in mäßigem Strahle, um dann immer schwächer und schwächer zu rinnen, bis es schließlich nur mehr fadendünn rieselt. Dieser Augenblick tritt bald früher, bald später ein, je nach der Dichte der zur Filtration

[1] S. p. 115.

verwendeten Lederfleckchen und der wechselnden Menge der vom Wasser mitgeführten Rost- und Mineralpartikelchen. Man könnte also bestenfalls nur mit sehr ungenauen Mittelwerten rechnen.

Weiters sind aber auch die zur Untersuchung gelangenden Proben infolge der vielen Lederfasern aus dem Filter quantitativ unmöglich zu prüfen, da sicherlich so mancher der ja meist sehr kleinen Organismen der Beobachtung entgeht. Für die qualitative Untersuchung hat dies nicht viel zu bedeuten, weil kaum anzunehmen ist, daß jedesmal gerade dieselbe Art dem Auge des Beobachters sich entziehen sollte; wohl aber für die quantitative.

Alle diese Mängel fallen aber um so schwerer ins Gewicht, als ja die Zahl der Lebewesen in einem Präparate schon an und für sich eine sehr geringe war. Es würden also die durch die geschilderten Mängel bedingten Fehler sicherlich ein Mehrfaches der wirklich vorhandenen Organismenzahl betragen.

Ganz anders steht aber der Sachverhalt, wenn man zur Entscheidung der Frage der Periodizität die Bakterien heranzieht. Es war von vornherein zu erwarten, daß diese, wenn auch in absolut geringer, so doch im Vergleich zu den übrigen Organismen in bedeutenderer Zahl im Leitungswasser vorhanden sein dürften. Ein Einblick in die Protokolle der Untersuchungsstelle des Gesundheitsamtes der Gemeinde Wien am hygienischen Institute der Universität, der mir leider erst nach Beendigung der vorliegenden Arbeit möglich war, bestätigte diese Vermutung vollauf. Diese Untersuchungen finden, wie bereits erwähnt, fortlaufend zwei- bis dreimal in der Woche statt, erstrecken sich sowohl auf gemischtes Wasser der Ersten und Zweiten Hochquellenwasserleitung als auch auf das der Zweiten allein und haben zum Gegenstand die Ermittlung der Keimzahl in 1 cm^3 des Kolititers nach dem besonderen Verfahren von Krombholz[1] für 100 cm^3 und in letzter Zeit auch die des Prozentsatzes der verflüssigenden Keime. Uns interessieren hier bloß Keimzahl und Kolititer des gemischten Wassers in den Jahren 1913 und 1914.

Die Keimzahl schwankte 1913 pro Kubikzentimeter zwischen 3 und 1110; der Jahresdurchschnitt berechnet sich aber bloß auf 95, während der Kolititer (100 cm^3) von 0 gelegentlich auf 444 und darüber steigt, der Jahresdurchschnitt jedoch nur 25 beträgt.

Für das Jahr 1914 lauten die betreffenden Zahlen: Keimzahl 0 bis 1250, Durchschnitt 64; Kolititer 0 bis über 444, Durchschnitt 30.

Die meist geringeren Zahlen — am geringsten sind sie in trockenen, frostigen, dabei schneearmen Wintern — zeigen nun

---

[1] Krombholz E., Über Keimzählung mittels flüssiger Nährböden mit besonderer Berücksichtigung des Kolititerverfahrens, Archiv für Hygiene, Bd. 84. p. 151, Bd. 85, p. 117, Bd. 88, 5. und 6. Heft.

bisweilen einen jähen Anstieg, um dann aber wieder ebenso rasch herabzusinken. Diese Erscheinung tritt nun regelmäßig in nassen Zeiten, also zur Zeit der Schneeschmelze und der sommerlichen Regengüsse auf und wurde auch sonst bei vielen Quellen beobachtet; namentlich bei solchen in zerklüftetem, spaltenreichem Kalkgestein[1] wie in unserem Falle. Sie ist auf die mangelhafte Filtrationskraft des Bodens im Tributärgebiet zurückzuführen.

Interessant ist dabei eine gewisse Ungleichmäßigkeit der sich sonst meist parallel ändernden Keimzahlen und des Kolititers zu diesen Zeiten, indem sich nämlich der Kolititer zur Zeit der sommerlichen Regengüsse absolut wie auch relativ (im Verhältnis zum allgemeinen Keimgehalt) höher erweist als in der Zeit der Schneeschmelze.[2]

Auf dieselbe Ursache wie der zeitweilige jähe Anstieg von Keimzahl und Kolititer, nämlich mangelhafte Filtrationskraft des Bodens im Ursprungsgebiet, ist nun auch eine andere, auf den ersten Blick befremdliche Tatsache zurückzuführen: daß nämlich fast alle von mir gefundenen Organismen, soweit sie bestimmt werden konnten, in jedem Graben oder Tümpel, also in mehr minder verunreinigten Gewässern anzutreffen und daher als Saprobien zu bezeichnen sind. Nur *Ceratoneis Arcus* scheint klare Gebirgswässer zu bevorzugen.

Hält man sich nun die außerordentliche Armut unseres Trinkwassers an organischer Substanz und die Tatsache vor Augen, daß, von den Bakterien abgesehen, die gefundenen Formen vielfach abgestorben sind, so gelangt man zur Anschauung, daß sie nicht erst aus vereinzelten Keimen im Leitungssystem entstanden sind, sondern eben erst durch Spalten und Klüfte des Gesteins bei Regengüssen und Schneeschmelze in das Wasser gelangen, wo sie aber mangels zusagender Lebensbedingungen bald zugrunde gehen.

Diese Ansicht wird wesentlich gestützt durch die oben kurz angeführten Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung.

Zusammenfassung.

Das Wiener Leitungswasser wurde bisher in biologischer Beziehung nur auf Bakterien geprüft. Die vorliegende Arbeit setzt sich das Ziel, zu untersuchen, ob in dem so reinen Wiener Leitungswasser außer Bakterien noch andere Lebewesen überhaupt vorkommen und existieren können; und wenn dies der Fall wäre, ob es sich dabei etwa um typische Reinwasser- oder um Gebirgsformen handelt, die aus dem Ursprungsgebiet, dem Schneeberg

---

[1] Kruse W., l. c., p. 196. — Gärtner A., l. c., p. 266.

[2] Krombholz E., l. c., Bd. 88, p. 266.

und Hochschwab stammen, oder um eine besondere lokale Lebensgemeinschaft des Leitungssystems.

1. Von Eisenbakterien treten *Chlamydothrix ochracea* und ganz vereinzelt *Gallionella furruginea* auf. *Crenothrix polyspora* und *Clonothrix fusca* konnten nur je ein einziges Mal beobachtet werden. Die erfreulicherweise so geringe Entwicklung von Eisenbakterien hat ihre Ursache wohl in der großen Armut des Wassers an organischen Substanzen.

2. Der Nachweis von Purpurbakterien braucht ganz und gar nicht wunderzunehmen. Es handelt sich jedenfalls nur um ganz vereinzelte Keime, wie sie sich ja auch sonst überall vorfinden und zu halbwegs üppigem Gedeihen nur dann gelangen, wenn alle erforderlichen Bedingungen, nämlich organische Substanz, Licht und Sauerstoffmangel, zusammentreffen.

3. Kieselalgen finden sich wohl zu jeder Zeit, jedoch nur in ganz wenigen Arten und Individuen vor, sonstige pflanzliche Organismen ganz vereinzelt und in spärlichen Resten.

4. Von Tieren treten — wieder nur sehr vereinzelt — etliche Rhizopodenarten und ein Nematode auf.

5. Die Organismen sind zu großem Teile abgestorben.

6. Sie dürften alle bis auf die Eisenbakterien erst sekundär, etwa durch Niederschläge oder Schmelzwässer infolge mangelhafter natürlicher Filtration, in das Quellwasser gelangen.

7. Diese Anschauung findet ihre Bestätigung in den Ergebnissen der bakteriologischen Untersuchung.

Zum Schlusse sei es mir erlaubt, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Hofrat Professor Dr. Hans Molisch meinen tiefergebenen Dank auszusprechen für das hilfsbereite Wohlwollen, das er meiner Arbeit in Rat und Tat zuteil werden ließ.

Herzlichen Dank schulde ich auch Herrn Dozenten Dr. Krombholz für so manche wertvolle Mitteilung und den Herren des Städtischen Gesundheitsamtes für ihr Entgegenkommen bei der Einsichtnahme in die bakteriologischen Untersuchungsprotokolle.